

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 72 (2014)  
**Heft:** 380

**Artikel:** Ist die Gleichung wirklich so einfach : Wasser plus organische Stoffe gleich Leben? : Fauchende Dampfkochtöpfe  
**Autor:** Geiger, Hansjürg  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-897404>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Ist die Gleichung wirklich so einfach:  
Wasser plus organische Stoffe gleich Leben?

# Fauchende Dampfkochtöpfe

■ Von Hansjürg Geiger

*Die NASA hat sich den Leitspruch «Folge dem Wasser» für die Erforschung unseres Sonnensystems auf die Fahne geschrieben und rechtfertigt mit diesem Motto ihr Programm mit der Suche nach Leben vor unserer kosmischen Haustüre. Die Zwischenbilanz dieser Fahndung sieht gut aus – Wasser wohin die Sensoren der Raumsonden ihre Fühler auch ausstrecken, garniert mit den nötigen organischen Stoffen. Ist es aber wirklich so einfach? Entsteht Leben im Kosmos tatsächlich als Nebenprodukt der Reaktionen von einfachen Grundstoffen? Wo liesse sich diese Vermutung überprüfen? Es scheint, als müssten wir dazu keine fernen Sonnensysteme aufsuchen, denn einige Monde im äusseren Sonnensystem, speziell der Jupitermond Europa, bieten sich für einen Test geradezu an.*

Es ist eine meiner frühesten Kindheitserinnerungen. Wir Kinder spielten an einem trüben Tag – es muss Herbst oder Winter gewesen sein – in unserem Zimmer und meine Mutter arbeitete am Kochherd – dachten wir wenigstens. Jedenfalls ertönte plötzlich ein lautes Pfeifen aus der Küche. Verunsichert riefen wir nach unserer Mutter, die nach einiger Zeit aus dem Keller antwortete, sie komme sofort. Zum Glück – wenigstens aus heutiger Sicht – dauerte ihr «sofort» einen kleinen Moment zu lange. Noch bevor sie aus dem Keller hochgestiegen war, gab es in der Küche einen ohrenzerreissenden Knall, gefolgt von bedrohlich tönendem Klirren von Glas, lautem Scheppern und metallisch klingendem Poltern. Die folgende, beängstigende Stille wurde schnell von den entsetzten Schreien unserer Mutter unterbrochen, die völlig aufgelöst in der Küche stand und sich die Bescherung anschaute. Und es sah wirklich dramatisch aus: Die eine Hälfte des Raumes war von einer grünlichen Schicht überzogen, die an einigen Stellen gerade noch

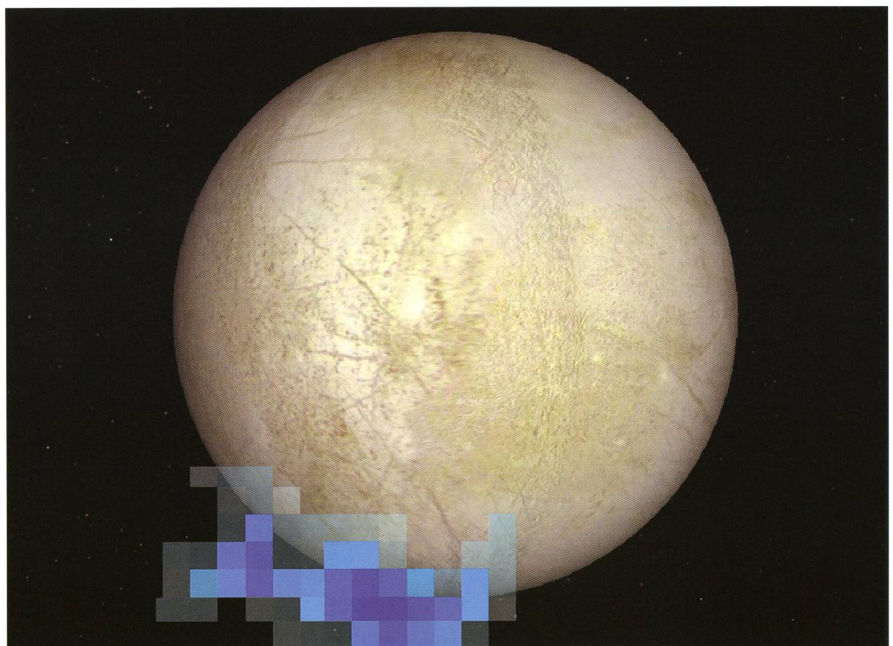


Abbildung 1: Diese Abbildung zeigt den Ort der Wasserdampfwolken über dem Südpol des Jupitermondes Europa. Unterlegt ist ein zusammengesetztes Bild mehrerer Aufnahmen der Voyager- und Galileo-Sonden. Die blauen Quadrate entsprechen den Bildpunkten des Hubble Sensors, der die Wasserdampfwolken aus dem Erdbit aufgenommen hat. Im Spektrum der Wolke ist Wasser nachweisbar. (Bild: NASA, ESA und L. Roth, Southwest Research Institute und Universität Köln)

«Irgendwo wartet irgendetwas Unglaubliches darauf, entdeckt zu werden.»

CARL SAGAN (zugesprochen, Quelle unklar), Astronom und Lehrer

erkennbare Reste von Bohnen zeigte. Am Boden und auf der Kücheneinrichtung lagen überall Scherben und Teile der Einrichtung verstreut. Ich habe keine Ahnung mehr, wie lange die Reinigung dauerte, ich weiss aber heute, dass wir damals alle sehr viel Glück hatten und dass mein tief verwurzelter Re-

spekt vor Dampfkochtöpfen einen sehr triftigen – um nicht zu sagen tiefenden – Grund hat. Aber Dampfkochtöpfe könnten auch als Modell zur Erklärung der neuesten Beobachtungen am Jupitermond Europa dienen, neben Enceladus und Charon (unsicher) bereits dem dritten Mond im Sonnensys-



tem, an dessen Oberfläche Dampf-  
fontänen erspäht worden sind, die-  
ses Mal von den noch immer ultra-  
scharfen «Augen» des Hubble Teles-  
kops.

### Alte Hinweise

Eigentlich begann die Entdeckungs-  
geschichte der Vorgänge in und um  
den Jupitermond Europa so richtig  
1979, als die Sonden Voyager 1 und 2  
auf ihrer Reise in die Tiefen des  
Weltalls auch in das Jupitersystem  
vorstiegen. Abgesehen von einigen  
unscharfen Aufnahmen der  
Pioneer-Sonden wussten die Wis-  
senschaftler bis damals über die  
zahlreichen Jupitermonde eigent-  
lich nicht viel mehr, als was auch in  
einem kleinen Amateurteleskop zu  
entdecken war: Es sind Himmels-  
körper – erkennbar als winzige  
Lichtpunkte – auf regelmässigen  
Umlaufbahnen um den Riesenpla-  
neten. Aber das war fast 370 Jahre  
vorher auch schon GALILEO GALILEI  
bekannt gewesen. Natürlich vermuteten  
die Astronomen, diese Monde  
müssten eisige Welten sein und wegen  
der geringen mittleren Dichte  
auch grosse Anteile von Wassereis  
besitzen. Und es war auch bekannt,  
dass einige von den Monden des Ju-  
piters vermutlich nicht mit dem Pla-  
neten selbst entstanden waren, son-  
dern später eingefangen worden  
sind. Dafür sprachen die teilweise  
extremen Neigungen der Umlauf-  
bahnen gegen die Äquatorebene des  
Jupiters und bei einigen Monden  
auch ihre rückläufige Bewegung.  
Der Konsens unter den Astronomen  
aber war, diese Monde seien absolut  
tote Himmelskörper und hätten des-  
halb ausser einigen spektakulären  
Landschaften wohl kaum viel zu  
bieten.

Als sich aber im Januar 1979 Voya-  
ger 1 und später im April 1979 auch  
Voyager 2 dem Jupiter langsam auf  
Fotodistanz näherte und die ersten  
Aufnahmen der Monde die Kontrol-  
leure in Pasadena erreichten, blieb  
den Forschern wohl einige Male der  
Mund einfach offen – zu verblüffend  
war das, was ihnen die Aufnahmen  
von den fernen Weiten unseres Son-  
nensystems offenbarten. Eines war  
fast sofort klar; die Jupitermonde  
waren keineswegs langweilige ver-  
eiste Himmelskörper, sondern zeigten  
zumindest im Falle von Io mit sei-  
nem Vulkanismus eine völlig über-  
raschende geologische Aktivität.  
Ein anderer der vier galileischen



Abbildung 2: Historische Aufnahme von Europa durch Voyager 2. Die Aufnahme entstand bei der grössten Annäherung der Sonde an den Mond und zeigte erstmals die zahllosen Linien im Eis. (Bild: NASA, Voyager 2)

Monde aber weckte die Aufmerk-  
samkeit der Wissenschaftler in  
noch ganz anderem Ausmasse: Eu-  
ropa!

Der Mond zeigte eine riesige Zahl  
von Bruchlinien, aber kaum die er-  
warteten Einschlagkrater. Zudem  
war er auffällig hell und fast völlig  
ohne jede grössere Erhebung. Ja, ei-  
nige Gebiete erschienen so glatt wie  
eine frisch polierte Curlingbahn,  
während andere wie von einem ge-  
waltigen Eispickel zerhackt aussa-  
hen. Einzig einige elliptisch ge-  
formte, kuppelartige Hügel von weni-  
gen hundert Metern Höhe überrag-  
ten das umliegende Gelände. All  
dies konnte eigentlich nur bedeu-  
ten, dass die Oberfläche von Europa  
sehr jung sein musste und über ge-  
ologische Zeitspannen hinweg stän-  
dig erneuert wurde.

Wie aber war so etwas möglich?  
Welche Kräfte, welche Prozesse  
könnten Europas Kruste in Bewe-  
gung halten? In der riesigen Distanz  
zur Sonne müsste der kleine Mond  
doch eigentlich vollständig durch-  
gefroren sein! Was war da los?  
Schnell keimte den Astronomen ein  
Verdacht. Die Bruchlinien nämlich

waren nicht einfach zufällig verteilt,  
sondern zeigten Muster, die stark an  
driftende Eisschollen in den pola-  
ren Meeren unserer Erde erinnerten.  
Eine solche, gleitende Bewe-  
gung war aber nur dann möglich,  
wenn sich unter der Oberfläche des  
Mondes eine Flüssigkeit verbarg,  
quasi ein Schmiermittel, auf wel-  
chem sich das Eis verschieben  
konnte.

### Überfrorener Ozean

Tatsächlich bestätigte die genaue  
Analyse der hochauflösenden Auf-  
nahmen der Galileo-Raumsonde ab  
1995 diesen Verdacht. In den jünge-  
ren, helleren und kraterarmen Ge-  
bieten, zeigt die Oberfläche ein  
Muster, welches für Eisfelder zu er-  
warten ist, die unter Gezeitenkräf-  
ten aufbrechen. In den älteren,  
dunkleren Regionen hingegen ent-  
spricht das Muster nicht den Erwar-  
tungen, was mit einer leicht schnelleren  
Bewegung der Oberfläche im  
Vergleich zu den inneren Zonen des  
Trabanten erklärt werden kann.  
Wenn nun aber die Oberfläche und



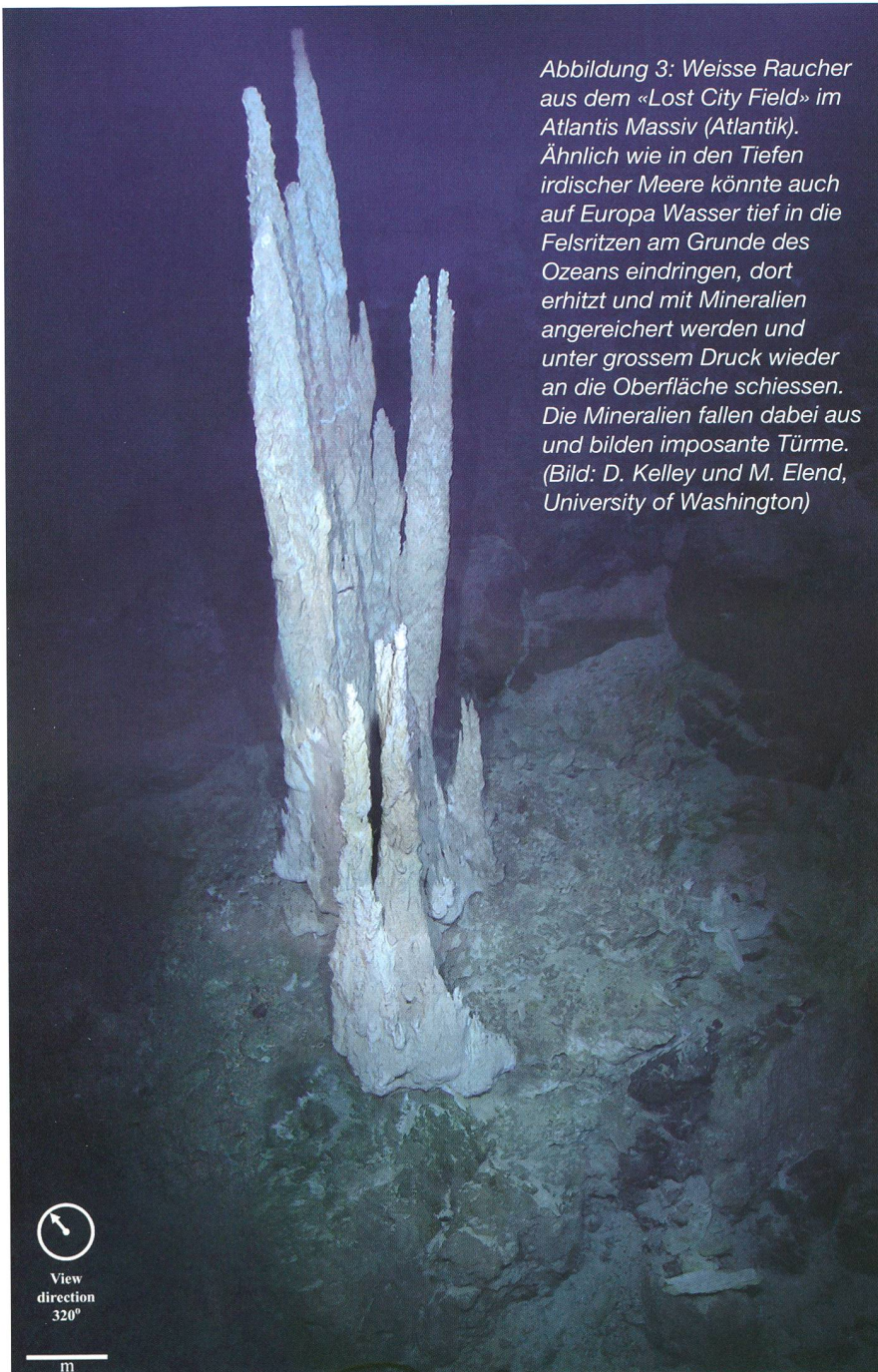


Abbildung 3: Weisse Raucher aus dem «Lost City Field» im Atlantis Massiv (Atlantik). Ähnlich wie in den Tiefen irdischer Meere könnte auch auf Europa Wasser tief in die Felsritzen am Grunde des Ozeans eindringen, dort erhitzt und mit Mineralien angereichert werden und unter grossem Druck wieder an die Oberfläche schiessen. Die Mineralien fallen dabei aus und bilden imposante Türme. (Bild: D. Kelley und M. Elend, University of Washington)

der Kern in ihrer Bewegung tatsächlich entkoppelt sein sollten, so kann dies eigentlich nur durch einen unter dem Eis verborgenen Ozean aus flüssigem Wasser erklärt werden. Aber was für ein gewaltiger Ozean dies sein musste! Als die Astronomen nämlich realisierten, dass Europa zu einem wesentlichen Teil aus Wasser bestand, entwickelten sie Modellrechnungen, die alle sehr schnell in nur eine Richtung deuten. Unter einer Eiskruste von 10 bis 15 km Dicke musste ein 80 bis 100 km tiefer Mantel aus flüssigem Wasser verborgen sein! Europas Ozean enthielt damit mindestens doppelt soviel Wasser, wie alle irdischen Gewässer zusammengerechnet!

Ebenso schnell war aus den Modellrechnungen auch klar, woher die nötige Wärme stammt, die das Wasser flüssig hält. Dies besorgen einerseits die Gezeitenkräfte des nahen Riesenplaneten, welche die Oberfläche des Trabanten auf dessen elliptischer Bahn um bis zu 30 m anhebt und wieder sinken lässt. Die gleichen Kräfte bewegen auch den metallischen Kern, verformen die darüber liegende Felsschicht und lassen sie aufreissen. Bei jedem Umlauf des Mondes verschieben sich deshalb die Gesteinsschichten gegeneinander, reiben sich aneinander und setzen so Wärme frei – quasi die Herdplatte unter dem himmlischen Dampfkochtopf. Und andererseits erwärmt auch der gewaltige Druck der Eismassen die untersten Eisschichten und lässt sie schmelzen. Aber war das alles? Genügte dieses einfache Modell zur Erklärung der zerrissenen Eisoberfläche? War es schlicht aufsteigendes, warmes Wasser, welches die von Galileo so

## SaharaSky

Hôtel & Observatoire

**Maroc**  
[www.saharasky.com](http://www.saharasky.com)  
[www.hotel-sahara.com](http://www.hotel-sahara.com)



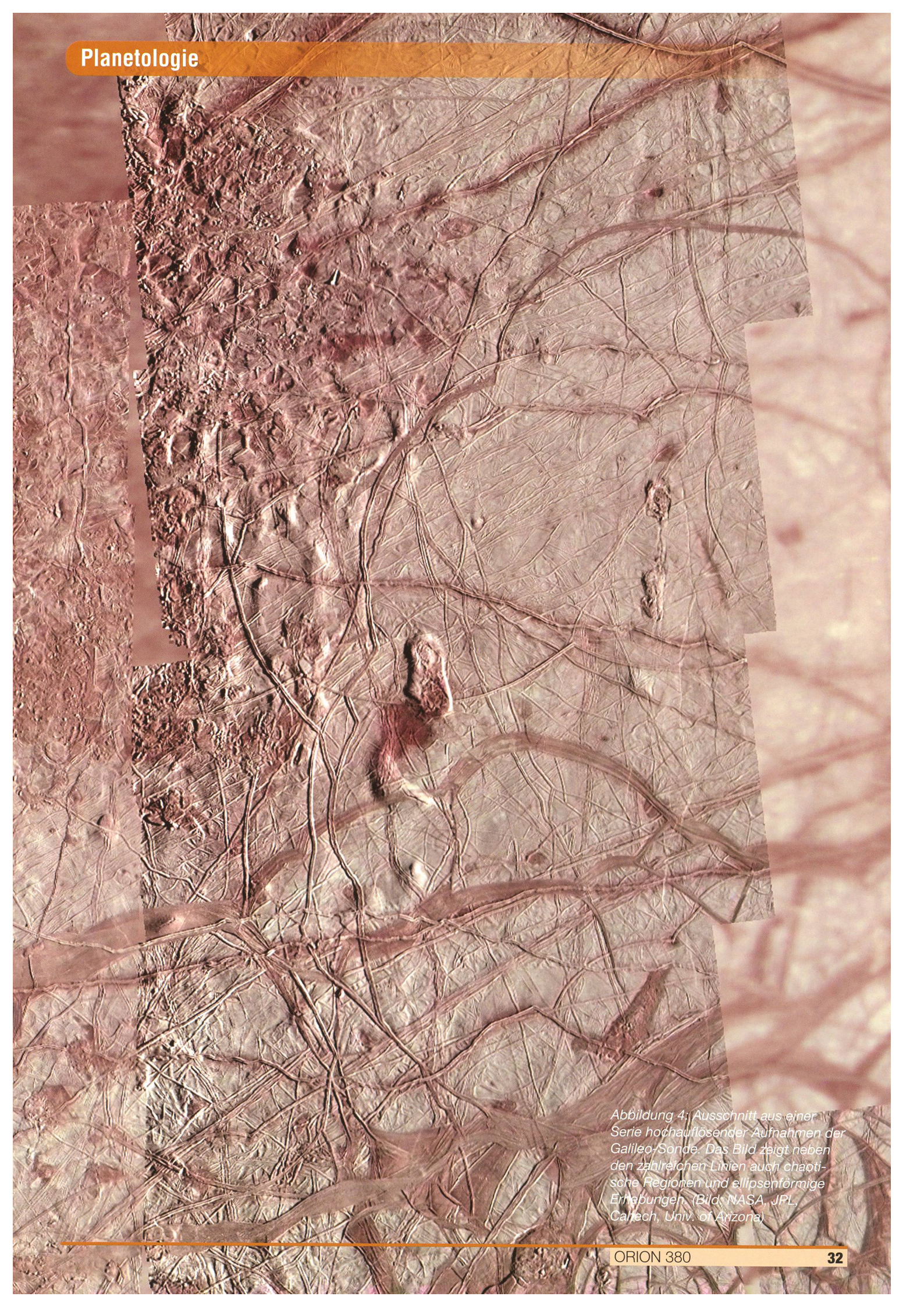


Abbildung 4: Ausschnitt aus einer Serie hochauflösender Aufnahmen der Galileo-Sonde. Das Bild zeigt neben den zahlreichen Linien auch chaotische Regionen und ellipsenförmige Erhebungen. (Bild: NASA, JPL, Caltech, Univ. of Arizona)



«Europa ist der Ort, der mich am meisten an die Erde erinnert.»

BRITNEY SCHMIDT, University of Texas, Austin

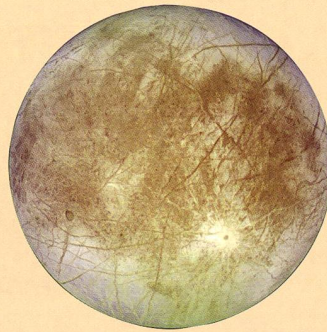
detailliert fotografierten Eisformationen entstehen liess?

## «Emmentaler-Eis»

Es waren solche Fragen, die BRITNEY SCHMIDT von der University of Texas in Austin veranlassten, Europas Eiskruste genauer zu analysieren. Frau SCHMIDT störte sich an den chaotischen Geländeformationen und den Eisdomen, welche sich kaum durch das soeben skizzierte Modell erklären liessen. Und je länger die Wissenschaftlerin über den Aufnahmen der Galileo-Sonde brütete, desto mehr reifte in ihr der Verdacht, dass die Erklärung der Eisformationen tatsächlich komplexer sein musste, als ihre Kollegen bis dahin vermutet hatten.

Wo aber konnte sie die gesuchten Antworten auf ihre Fragen finden? Richtig, es gibt ja auch auf unserem Planeten Eis in gewaltiger Menge und darin jede Menge Bruchlinien. Und tatsächlich, nach einem Besuch in der Antarktis gelang es BRITNEY SCHMIDT ein neues Modell für Europa zu entwickeln, welches die seltsamen Strukturen in seinem Eis erklären kann. Nach ihrem Modell müssen sich unter der Oberfläche des Mondes riesige, vom Eis umschlossene Hohlräume mit flüssigem Wasser befinden. Das Eis des Mondes ist also nach ihrem Modell keine durchgehende, kompakte Masse, sondern löchrig wie Emmentaler Käse. Ähnliche Strukturen in der Antarktis lassen ihr Wasser durch Risse nach unten entweichen, wo es wieder gefriert. Auf Europa aber ist die Eisschicht unter den Kavernen zu dick. Dafür wird das relativ warme Wasser durch die Gezeitenrisse nach oben gepresst, gefriert dort, dehnt sich dabei aus, drückt die darüber liegenden Eisschichten mit gewaltiger Kraft Richtung Oberfläche und zwingt die umliegenden, kälteren Eismassen dazu, nach unten auszuweichen. Dabei formt das Wechselspiel zwi-

## Eckdaten zu Jupitermond Europa



Mittlerer Durchmesser	3121.6 km
Masse	$4.80 \times 10^{22}$ kg
Mittlere Dichte	3.01 g/cm <sup>3</sup>
Umlaufzeit	3.551 Tage
Bahnneigung	0.470°
Grosse Halbachse	670'900 km
Siderische Rotation	3.551 Tage
Achsneigung	0°
Scheinbare Helligkeit	5.3 <sup>mag</sup>
Oberflächentemperatur	50 - 125 K
Datum der Entdeckung	7. Januar 1610
Entdecker	GALILEO GALILEI

Europa wurde zusammen mit den anderen grossen drei Jupitertrabanten im Jahre 1610 durch den italienischen Astronomen GALILEO GALILEI entdeckt. Der deutsche Mathematiker und Astronom SIMON MAYR war ein Zeitgenosse GALILEIS und setzte wie dieser das

Fernrohr für astronomische Beobachtungen ein. Er war es auch, der den Namen «Europa» (nach einer Geliebten des ZEUS) vorschlug. Allerdings wurde der Name erst Mitte des 20. Jahrhunderts offiziell anerkannt.

schen Wasser und Eis die nach oben ragenden domartigen Strukturen und die chaotischen Regionen mit dem zerhackten Eis.

Die kürzlich mit Hubble nachgewiesenen Fontänen aus Wasserdampf über Europas Südpol (vgl. Abb. 1) bestätigen nun das Modell von Frau SCHMIDT. Offensichtlich gelangt dort Wasser unter hohem Druck aus den Wasserkavernen bis zur Oberfläche und entweicht in den beobachteten Geysiren, ähnlich dem Wasserdampf aus dem Ventil eines Dampfkochtopfs.

## Spielwiese für schleimige Aliens?

Wenn nun aber auf Europa tatsächlich ein Austausch von Eis zwischen den tieferen Schichten und der Oberfläche stattfindet, so ist dies für die Astrobiologen eine absolute Top-Neuigkeit. Denn damit gewinnen die auf der Oberfläche in grosser Menge vorhandenen Schwefelverbindungen – die vermutlich von den Vulkanen auf Io stammen – eine neue Bedeutung. Dank dem neu entwickelten Modell eines dynamischen Austausches zwischen der Oberfläche und dem darunter liegenden Ozean könnten diese chemischen Verbindungen auch die unteren Schichten des Eispanzers erreichen und dort möglicherweise vorhandenen bakterienähnlichen Lebewesen als Energiequelle dienen,

ähnlich der Lebensweise irdischer «Schwefelbakterien». Hypothetische Europa-Bakterien würden nach dieser Vorstellung von den Vulkanen auf Io ernährt.

Die Chance, auf Europa fremdes Leben zu finden, hat sich also weiter verbessert und macht den Jupitermond zur absoluten Top-Destination auf der Suche nach Aliens in unserem Sonnensystem. Leider hat die NASA eine Mission zu den Jupitermonden gestrichen und die ESA-Sonde JUICE wird erst im Januar 2030 im Jupitersystem ankommen, wenn sie 2022 tatsächlich startet. Frau SCHMIDT und wir alle müssen uns also noch lange gedulden, bis uns neue, präzisere Daten von Europa erreichen und zeigen, ob ARTHUR C. CLARKE in seinem Roman «2010», in welchem die Besatzung der «Leonov» Leben auf Europa entdeckt, ins Schwarze getroffen hat. Die definitive Antwort wird allerdings wohl erst eine Landemission liefern können, die leider noch in fernster Zukunft liegt.

## Dr. habil. Hansjürg Geiger

Kirchweg 1  
CH-4532 Feldbrunnen  
hj.geiger@mac.com  
www.astrobiologie.ch